



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Zur Messung und Berechnung des Farbtransportes in Walzenfarbwerken von Druckmaschinen

Scheuter, Karl R.; Rech, Hellmuth
(1970)

DOI (TUpriints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014152>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14152>

Zur Messung und Berechnung des Farbtransportes in Walzenfarbwerken von Druckmaschinen

Zur Messung und Berechnung des Farbtransportes in Walzenfarbwerken von Druckmaschinen

Karl R. Scheuter
und Hellmuth Rech, Darmstadt

Sur le mesurage et l'évaluation du transport d'encre dans les systèmes d'encre

Pour l'étude théorique de dispositifs d'encre, l'on a mis au point un modèle théorique spéciale. Ce modèle représente une simulation digitale du transport d'encre dans le dispositif d'encre et comprend aussi le transfert sur le matériau à imprimer. Des comparaisons avec les résultats d'essais d'impression pratiques à l'aide d'une presse-modèle ont montré une bonne conformité. Le modèle théorique permet l'évaluation préalable de dispositifs d'encre.

1. Allgemeines

Das Farbwerk, welches man mit Recht als eines der wichtigsten Aggregate einer Druckmaschine ansieht, hat die Aufgabe, den druckenden Flächen der Form eine möglichst gleichmäßige Farbbelegung zu erteilen. Je vollkommener diese Aufgabe erfüllt wird, desto besser fallen natürlich auch die Druckprodukte aus, da die Farbübertragung von der angebotenen Farbmenge abhängt.

Zur Klärung des Farbübertragungsprozesses wurden von Walker und Fettko (1), Albrecht und Schirmer (2), Wulfsch und Schubert (3) sowie Rupp und Rieche (4), (5) Untersuchungen durchgeführt. Mit Hilfe kleiner Probedruckapparate wurde auf gravimetrischem Wege die entsprechende Farbübertragungsfunktion empirisch ermittelt. Dabei ging man selbstverständlich davon aus, daß die Druckform mit einer gleichmäßigen Farbschicht belegt ist und nur einen Abdruck erzeugt. Dieser Vorgang entspricht nur näherungsweise den Praxisbedingungen. In einer Druckmaschine ist der Einfärbvorgang wesentlich komplizierter. Es treten dabei Schichtdickenschwankungen auf, welche durch Rückkopplungen von Störgrößen verursacht sind und auf dem Druckergebnis ihren Niederschlag finden. Man spricht von Geistereffekten, welche bei Qualitätsdrucken unerwünscht sind. Der Idealfall liegt dann vor, wenn alle druckenden Flächen der Form einen in seiner Dicke konstanten Farbfilm tragen und somit auch einen konstanten Farbfilm auf den Bedruckstoff übertragen. Die Qualität eines Farbwerkes wird also letztlich davon abhängen, in welchem Maße die Störgrößen abgebaut werden, welche von einer unterbrochenen Druckform oder von einer diskontinuierlichen Farbzufuhr herrühren.

Die bisherigen theoretischen Untersuchungen beschäftigten sich meist mit Mittelwerten. Morosow (6) und auch Ruder (7) nahmen eine völlig homogene Farbzufuhr an, d. h. der Duktort führte eine konstante Farbschicht zu und die Druckform eine konstante Farbschicht ab. Bradford (8) fand bei seinen Untersuchungen, welche zur Ermittlung des Farbspaltungsfaktors dienten, daß dieser bei ca. 0,5 lag. Ruder (7) und Wirz (9) fanden ähnliche Ergebnisse. Das Ziel unserer Arbeit bestand nun darin, nicht nur Mittelwerte der Schichtdicken zu finden und damit das Gesamtverhalten eines Farbwerkes bei Erhöhung oder Erniedrigung der Farbzufuhr beschreiben zu können, sondern den tatsächlichen Schichtdickenverlauf

theoretisch und experimentell zu untersuchen. So ergab sich zwangsläufig eine Zerteilung der Arbeit in einen theoretischen und in einen experimentellen Teil.

2. Experimentelle Untersuchungen

Da es äußerst schwierig ist, in einer normalen Praxismaschine den Farbtransport vom Duktort bis auf die Druckform zu verfolgen, wurde am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt, in Zusammenarbeit mit der deutschen Druckmaschinenindustrie, eine spezielle Modelldruckmaschine entwickelt und gebaut. Diese Modelldruckmaschine, eine kleine Rotationsmaschine, ist so ausgebildet, daß das Farbwerk sowie alle wichtigen Aggregate von einer Seite frei zugänglich sind. Das Herz dieser Maschine ist das Farbwerk, welches variiert werden kann; d. h. es können eine ganze Reihe verschiedener Walzenkombinationen realisiert werden. Der von der Rolle ablaufende Papierstrang von 90 mm Arbeitsbreite wird im Druckwerk vorerst bedruckt, durchläuft dann ein Nummernindruckwerk und wird schließlich von einer Schneideeinrichtung in Bogen von Zylinderumfangslänge geschnitten (Bild 1).

Vor dem Farbwerk befindet sich eine ausfahrbare Hilfswand, an der die photoelektronischen Meßwertgeber befestigt sind. Die von den Meßwertgebern gelieferten elektrischen Signale werden von einem Analogrechner umgeformt und zum Schluß von einem Lichtstrahl-oszillographen ausgeschrieben.

2.2 Das Schichtdickenmeßverfahren in der Maschine

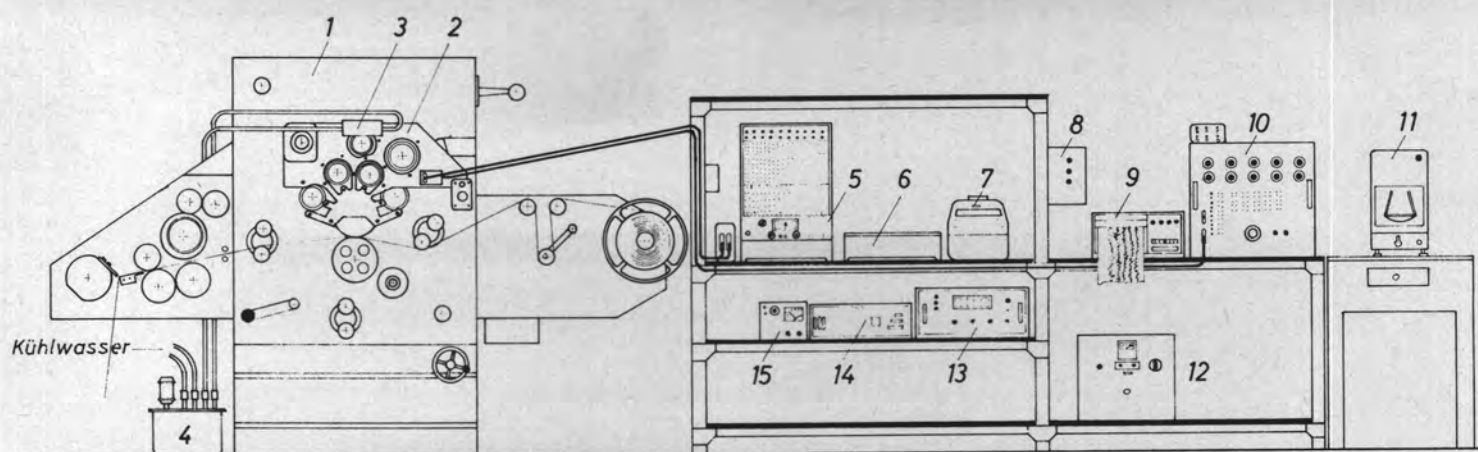
An das Schichtdickenmeßverfahren wurden folgende Anforderungen gestellt: Berührungslosigkeit, Trägheitsarmut, kleine Abmessung des Meßwertgebers, hohe Temperaturkonstanz, linearer Zusammenhang zwischen Schichtdicke und angezeigtem Wert, simultane Messung mehrerer Schichtverläufe, hohe Reproduzierbarkeit, Langzeitkonstanz und eine einfache Eichmöglichkeit. Es ergab sich, daß hierfür mit wenigen Einschränkungen das photoelektronische Meßverfahren im Auflicht am besten geeignet war. Die Notwendigkeit auf metallisch glänzenden Stahlwalzen zu messen, machte es erforderlich, von der 45°/0°-Geometrie abzugehen und den Einfallswinkel in etwa gleich dem Ausfallswinkel zu halten. Der Vorteil dieser Meßgeometrie besteht darin, daß man

Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter, Direktor des Instituts für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Alexanderstraße 22.

Dipl.-Ing. Hellmuth Rech, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Alexanderstraße 22.

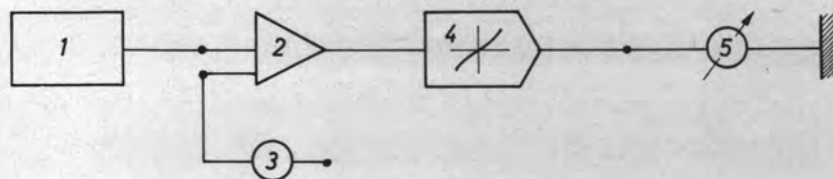
Finanzieller Träger des vorstehenden Forschungsthemas ist die Forschungsgesellschaft Druckmaschinen e. V. mit Zuwendungen des Bundeswirtschaftsministeriums über die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen A.I.F.

Sämtliche Berechnungen wurden im Rechenzentrum der Technischen Hochschule Darmstadt sowie im Deutschen Rechenzentrum, Darmstadt, durchgeführt.



- | | | |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 Modellmaschine | 5 Analogrechner | 11 Waage |
| 2 Hilfswand m. Meßwertgeber | 6 X-Y Schreiber | 12 Wechelspannungskonstanter |
| 3 Konditionierkammer | 7 Drucker | 13 Digitalvoltmeter |
| 4 Thermostat | 8 Schaltkasten | 14 Meßwertumschalter |
| | 9 Lichtstrahloszillograf | 15 Spannungskonstanter |
| | 10 Lampenspeisegerät | |

1



- | |
|---|
| 1 Photoelektronischer Meßwertgeber |
| 2 Summierer |
| 3 Koeffizientenpotentiometer |
| 4 Diodenfunktionsgenerator |
| 5 Galvanometer des Lichtstrahloszillografes |

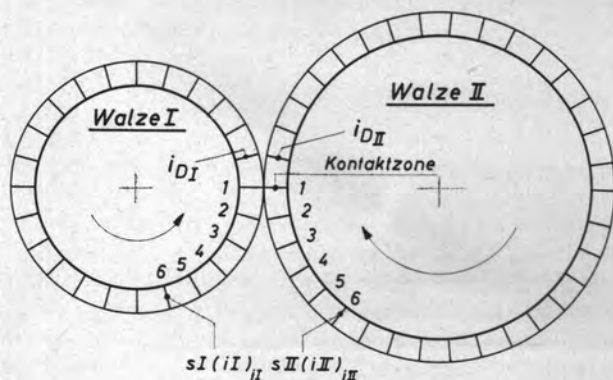
2

keine Spezialwalzen mit matter, diffusstreuender Oberfläche zu erzeugen braucht.

Dieses Meßverfahren liefert selbstverständlich Signale, welche keine Proportionalität mit der Farbschichtdicke besitzen. Aus diesem Grunde war es erforderlich, mit Hilfe eines Analogrechners eine Linearisierung vorzunehmen. Bild 2 zeigt schematisch die Signalverarbeitung.

Mißt man nun an verschiedenen Stellen des Farbwerkes mit einer Anzahl von Gebern die Schichtdicke, so erhält man einen Überblick über den Farbtransport im Walzenfarbwerk. Das Farbschichtdickenrelief auf dem Bedruckstoff erhält man dann durch eine Differenzbildung der angebotenen Farbmenge auf dem Formzylinder vor dem Druck und der auf dem Formzylinder nach dem Druck verbleibenden Farbmenge (10). Durch Verwendung ausgesuchter Bauelemente und Registriergeräte können Schichtdickenschwankungen mit Frequenzen von einigen Hundert Hz registriert werden. Da diese Untersuchungen äußerst schwierig und zeitraubend sind, wurde ein Auswertegerät für die bedruckten Bogen entwickelt. Dieses Auswertegerät gestattet, das Relief der Dichte und daraus rechnerisch die Farbschichtdicke auf dem Bedruckstoff zu bestimmen. Da zwischen der optischen Dichte und der Schichtdicke ebenfalls ein nicht-linearer Zusammenhang besteht, wurde mit Hilfe einer zusätzlichen kleinen Analogrechnerschaltung eine Linearisierung vorgenommen, so daß man ebenfalls den Verlauf der Schichtdicke auf dem Bedruckstoff rasch bestimmen kann.

3



- | | |
|-----------|----------------------------------|
| i_I | = laufender Index der Walze I |
| i_{II} | = laufender Index der Walze II |
| i_{DI} | = Gesamtschrittzahl der Walze I |
| i_{DII} | = Gesamtschrittzahl der Walze II |

3. Theoretische Untersuchungen

Wie vorhin schon angedeutet, gestatten die bekannten Rechenverfahren nur die Ermittlung von Durchschnittswerten. Eine punktweise, also örtliche, Bestimmung des Farbflusses als Funktion der Zeit ist damit nicht möglich. Man kann somit keine Farbschichtdickenreliefs auf einer beliebigen Walze oder beispielsweise auch auf dem Bedruckstoff mit diesen Ansätzen ermitteln. Sie können denn auch die Störgrößen der diskontinuierlichen Farbzufuhr und auch die der diskontinuierlichen Farbabfuhr infolge einer unterbrochenen Druckform oder des Kanals nicht berücksichtigen. Um nun diese wichtigen Größen zu erfassen, wurde ein umfassendes theoretisches Modell entwickelt, dessen Anwendung freilich die Benutzung eines Computers erfordert. Der Rechengang wird wie folgt durchgeführt: Jeder Walzenumfang des zu analysierenden Farbwerksystems wird in kleine Teilabschnitte unterteilt (diskretisiert). Für diese diskreten Stellen wird dann das Gleichungssystem für die Schichtdicken gelöst. Die sich ergebenden Werte werden als Anfangsbedingungen für die nächste Umdrehung eingesetzt. Als Anfangsbedingung für die erste Umdrehung wird am einfachsten eine konstante Schichtdicke für jede Walze gewählt (beispielsweise Schichtdicke gleich Null). Danach wird der Anlaufzustand dieses Systems auf rein simulativem Wege durchlaufen bis der stationäre Zustand (Fortdruckzustand) erreicht ist. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, daß das Schichtdickenrelief sich nicht mehr ändert. Zur Vereinfachung der Berechnung nach diesem theoretischen Modell werden folgende einschränkende Voraussetzungen gemacht:

1. Das gesamte Farbwerk arbeitet schlupffrei, d. h. die Walzen rollen exakt aufeinander ab.
2. Etwaige Einflüsse der Changierbewegung werden nicht berücksichtigt.

Zur Erklärung des theoretischen Modells ist es zunächst notwendig, das Grundmodell zweier aufeinander abrollender Walzen zu betrachten (Bild 3).

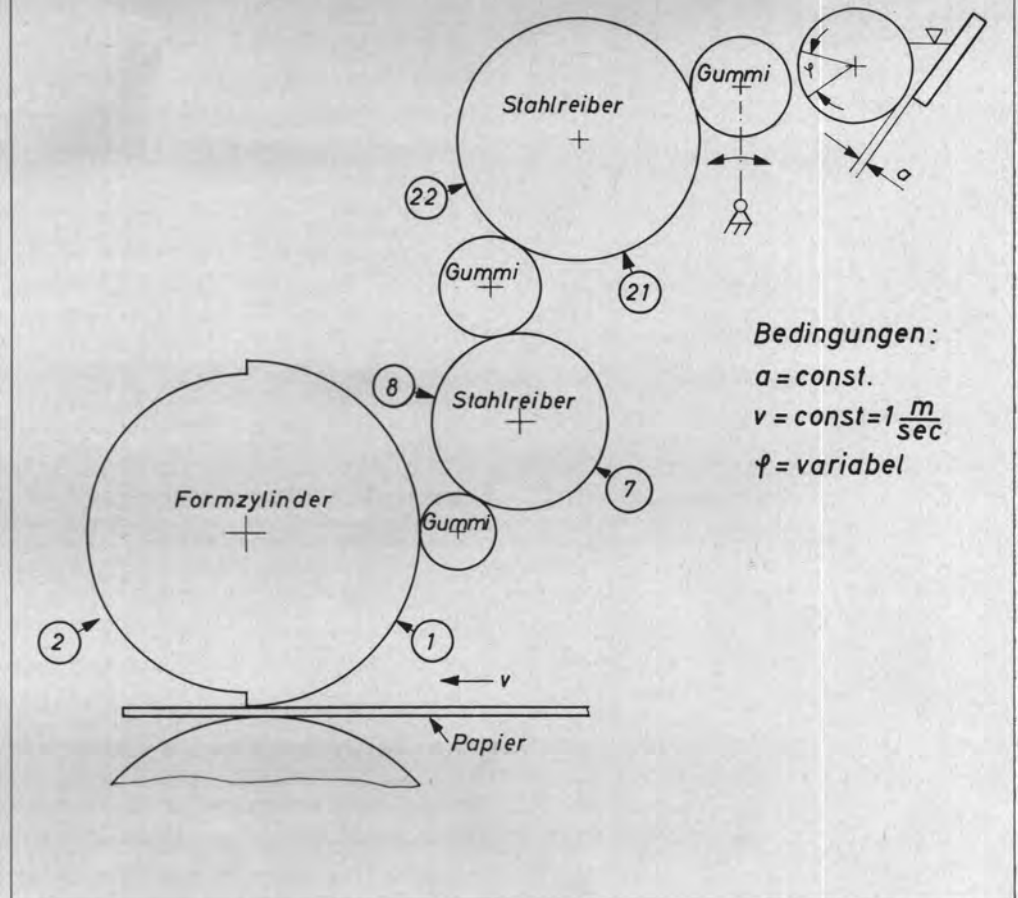
Die Umfänge beider Walzen werden in kleine Schritte eingeteilt. Die abgewinkelte Schrittlänge beim Abrollen ist für beide Walzen gleich groß. Die Anzahl der Schritte muß auf jeder Walze eine ganzzahlige Größe sein. Die Ganzzahligkeit der Gesamtschrittzahl muß durch Rundung gewonnen werden. Die Walze I besitzt vor der Kontaktzone die Schichtdicke $sl(i)$ und die Walze II die Schichtdicke $sl(II)$. Der Summenwert beider Schichtdicken ergibt sich zu:

$$sl, II = sl(i)_{jI} + sl(II)_{jII} \quad [1]$$

Lassen wir nun dieses Walzenpaar immer um einen diskreten Teilschritt aufeinander abrollen, so lassen sich die Schichtdicken nach der Spaltung mit $sl'(i)$ und $sl'(II)$ definieren.

Jede Schichtdicke ist doppelt indiziert, der Index i gibt den Ort auf dem jeweiligen Walzenumfang an. Der Index j ergibt die Anzahl der Abrollungen; während der Index i von 1 bis i_D läuft, ändert sich der Index j nicht. Der in dem nachfolgenden Gleichungssystem auftauchende Faktor α ist der Farbspaltungskoeffizient und wird der Einfachheit halber als Konstante angenommen. Für den trivialen Fall

Bild 6: Schema der Walzenkombination 1.1.2.2



Gemessener und gerechneter Farbschichtdickenverlauf

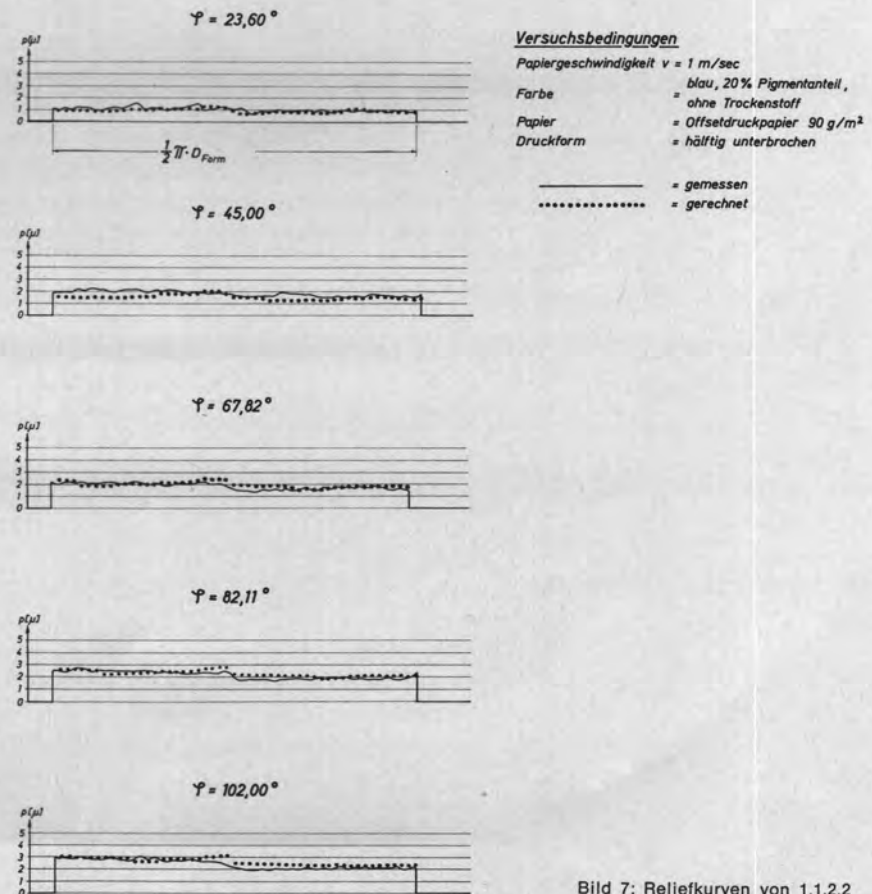
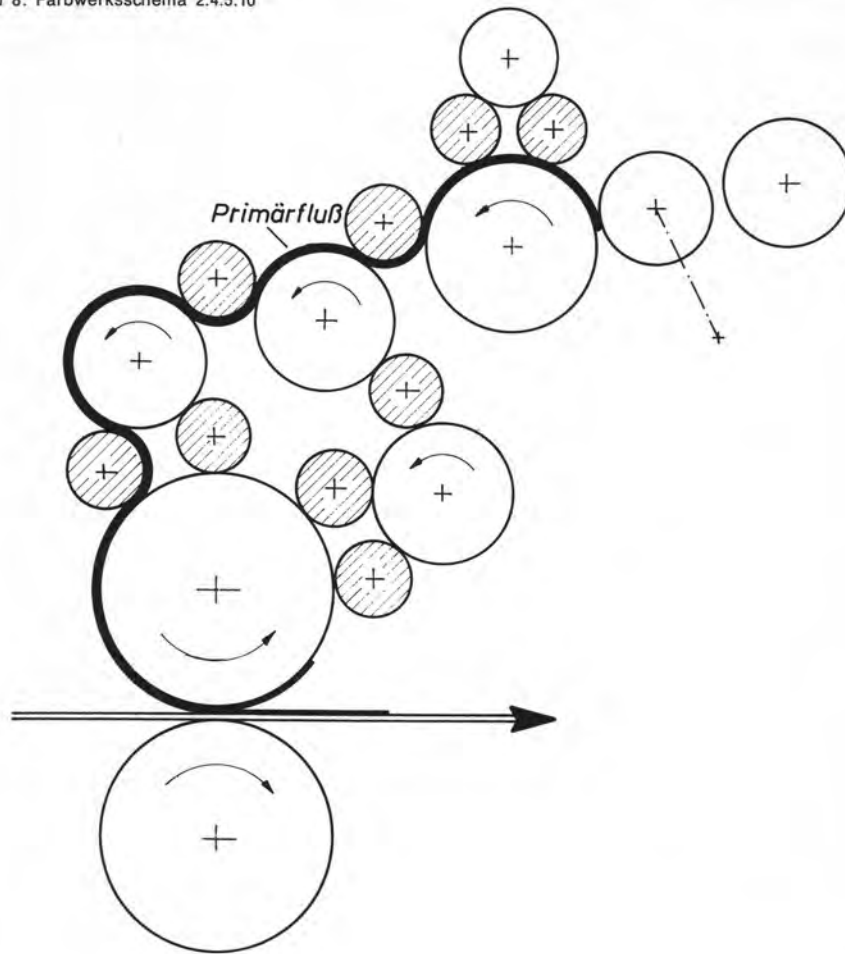


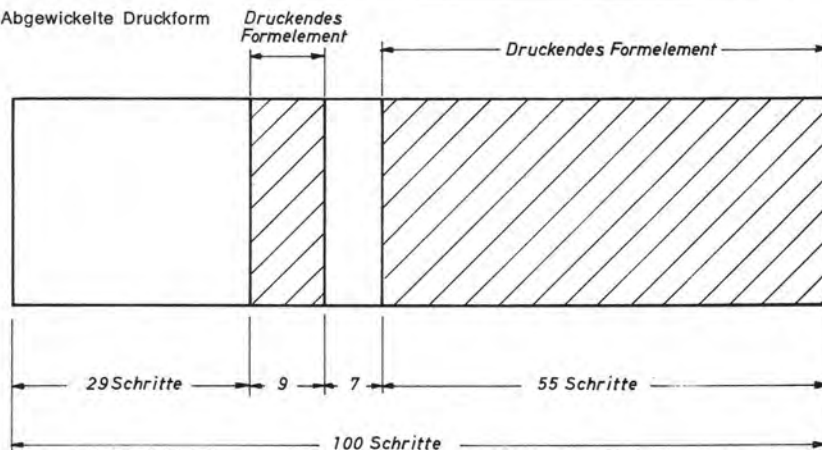
Bild 7: Reliefkurven von 1.1.2.2

Bild 8: Farbwerksschema 2.4.5.10



8

Bild 9: Abgewinkelte Druckform



9

des Zweiwalzensystems, dem keine Farbe zugeführt bzw. entzogen wird, ergibt sich dann das folgende Verteilungsschema:

$$\begin{aligned} sl'(ii)_{ji} &= \alpha \cdot sl, II \\ sl'(iii)_{ji} &= (1 - \alpha) \cdot sl, II = sl, II - sl(ii)_{ji} \end{aligned} \quad [2]$$

Somit lassen sich die Schichtdickenreliefs in diskreter Form der Walzen I und II beim Verlassen der Kontaktzone bestimmen.

Mit Hilfe der diskreten Schichtdickenwerte, z. B. $sl(ii)$, läßt sich dann $s(\varphi)$ als Polygonzug aufzeichnen. Je dichter die diskreten Werte liegen, desto genauer entspricht der Polygonzug dem Schichtdickenverlauf. Jedoch sei an dieser Stelle sofort darauf hingewiesen, daß die Rechenzeit direkt proportional mit der Gesamtheit der Schritte wächst.

Die erhaltenen Schichtdicken werden dann als Anfangsbedingung für die nächste Umdrehung verwandt. Es ergibt sich dann

$$\begin{aligned} sl(ii)_{ji+1} &= sl'(ii)_{ji} \\ sl(iii)_{ji+1} &= sl'(iii)_{ji} \end{aligned} \quad [3]$$

Das Spiel der Abrollungen ist damit beliebig wiederholbar. Sind die Schrittzahlen i_{D1} und i_{D2} ungleich und auch nicht ganzzahlig vielfach ineinander enthalten, so ergibt sich für das Zwei-Walzen-System nach einer unendlich großen Anzahl von Abrollungen auf beiden Walzen ein völlig konstanter Farbfilm, d. h. die Hüllkurve folgt der Gleichung $sl(\varphi) = sl(ii) = \text{konst.}$ Es versteht sich natürlich von selbst, daß die Berechnung und Programmierung größerer Farbwerkssysteme einen sehr großen

programmtechnischen Aufwand mit sich bringen. In Bild 4 ist das Flußdiagramm des Berechnungsganges dargestellt.

3.1 Zur Beurteilung der Kurvenverläufe

Da die rechnerisch oder meßtechnisch ermittelten Kurvenverläufe in den seltensten Fällen ohne eine zahlenmäßige Bewertung vergleichbar sind, ist es erforderlich, Bewertungskennziffern hierfür zu schaffen. Man kann selbstverständlich anstelle der Schichtdicke $s(i)$ auch die optische Dichte oder einen Farbabstand $\Delta E_{CIE}(i)$ auswerten. Besitzt die Druckform druckende und nichtdruckende Flächen, so ergeben sich jeweils Schichtdickenverläufe nach dem Schema in Bild 5.

Es ist natürlich sinnvoll, nur die bedruckten Stellen der Druckprobe zu bewerten. Die Bewertung erfolgt für

$$s(i) \left\{ \begin{array}{l} l_1 \leq i \leq l_2 \\ \vdots \\ l_m \leq i \leq l_n \\ l_{n+1} \leq i \leq i_D \end{array} \right\} \quad [4]$$

Die Grundlage aller Bewertungsziffern sind die im folgenden aufgeführten Größen s_{\max} , s_{\min} , s_{mittel} , s_{quasi} . Die Extremwerte s_{\max} , s_{\min} des diskreten Kurvenverlaufes können natürlich sofort abgelesen werden. Der arithmetische Mittelwert ergibt sich zu:

$$\begin{aligned} s_{\text{mittel}} &= \frac{1}{l_2 - l_1} \sum_{i=l_1}^{i=l_2} s(i) \dots \dots + \frac{1}{l_n - l_m} \\ &\quad \sum_{i=l_m}^{i=l_n} s(i) + \frac{1}{i_D - l_{n+1}} \sum_{i=l_{n+1}}^{i=i_D} s(i) \dots \dots \quad [5] \end{aligned}$$

Der quadratische Mittelwert des diskreten Kurvenverlaufes ergibt sich zu

$$s_{\text{quasi}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=i_D} [s(i)]^2}{n}} \quad [6]$$

$$n = (l_2 - l_1) + \dots + (l_n - l_m) + (i_D - l_{n+1}) \quad [7]$$

Mit den Werten s_{\max} , s_{\min} , s_{mittel} sowie s_{quasi} lassen sich dann weitere Bewertungskennziffern bestimmen, wie z. B. der Ungleichförmigkeitsgrad, der Formfaktor, die durchschnittliche Abweichung, das Quadrat der Standardabweichung und die Summe der Quadrate (11), (6).

Mit Hilfe dieser Kennziffern kann man dann rechnerisch gefundene oder experimentell ermittelte Schichtdickenverläufe vergleichen und dann Maßzahlen finden für die Güte eines Farbwerkes. Verschiedene Kennzahlen sind deshalb erforderlich, um eine differenzierte Bewertung zu ermöglichen.

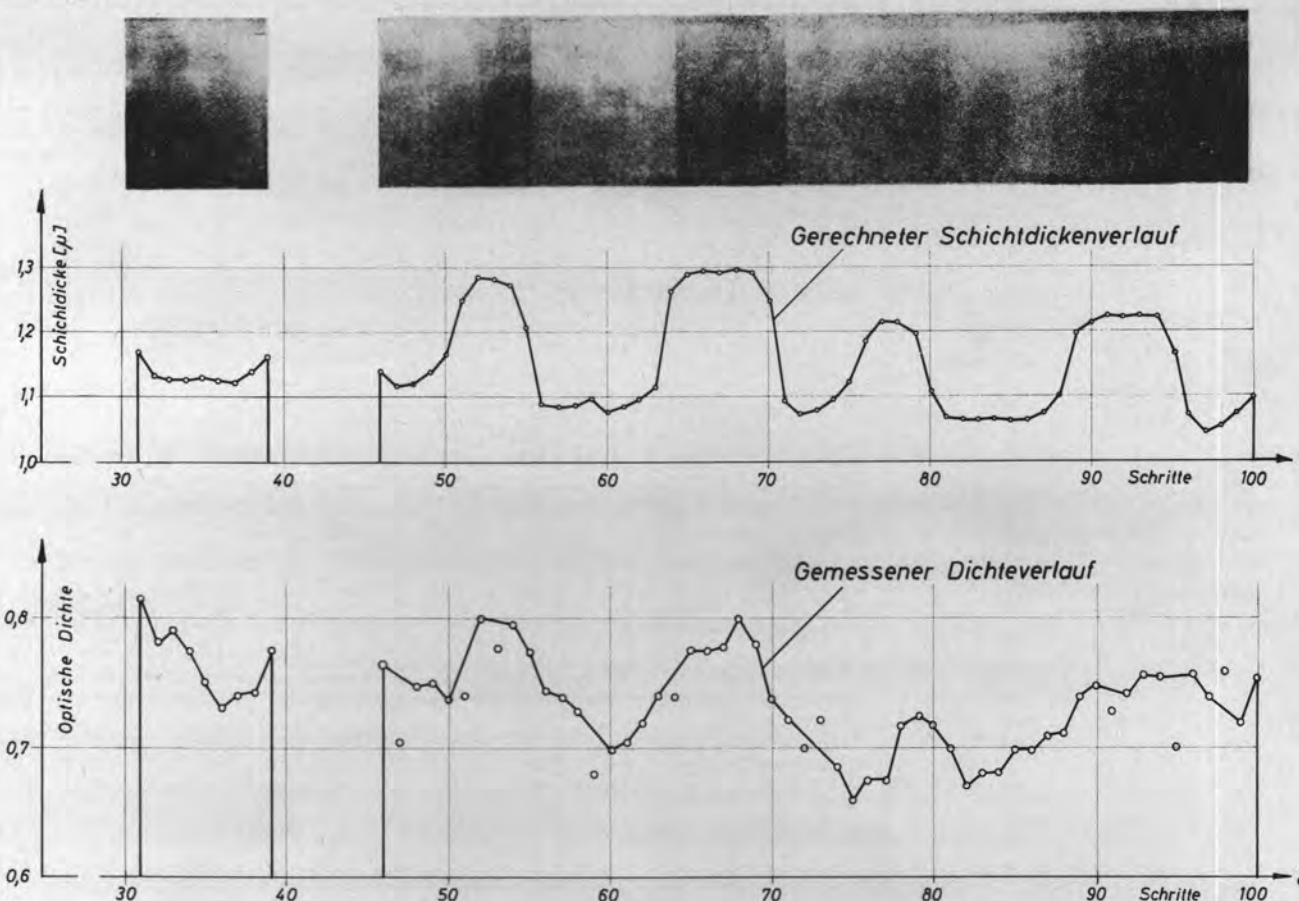
4. Vergleich der theoretischen Werte mit den experimentell gefundenen

Ausgehend von der Annahme, daß der Farbfluß einen sehr komplexen Vorgang darstellt, wurde zunächst ein relativ einfaches Walzensystem untersucht. Das Schema dieses Systems ist in Bild 6 dargestellt.

Bei diesen Untersuchungen wurde der Farbmesserspalat a konstant gehalten, hinge-

Bild 10: Reliefkurven und
Druckresultat der
Walzenkombination 2.4.5.10

Reproduktion des bedruckten Bogens



10

gen der Duktowinkel φ , welcher der zugeführten Heberstreifenbreite proportional ist, von Versuch zu Versuch variiert. So ergaben sich dann für die Schichtdicken auf dem Bedruckstoff die in Bild 7 dargestellten Kurven für die verschiedenen Duktowinkeleinstellungen. Die eingetragenen Punkte repräsentieren die rechnerischen Werte. Vergleicht man nun diese mit den empirisch ermittelten Werten, so läßt sich eine gute Übereinstimmung finden (12).

Bemerkenswert ist hierbei, daß beide Verläufe den sprunghaftigen Absatz in etwa der Mitte des Verlaufes aufweisen. Die vorhandenen geringen Abweichungen lassen sich auf Meßunsicherheiten zurückführen. Die bei diesen Versuchen verwendete Druckform war hälftig unterteilt, d. h. nur 50% des Formzylinderumfangs war als druckende Fläche ausgebildet, der Rest war nichtdruckend.

Wesentlich interessantere Ergebnisse versprach jedoch die Untersuchung der nachfolgend in Bild 8 dargestellten praxisnahen Walzenkombination von ziemlich kompliziertem Aufbau.

Für die vergleichende experimentelle und theoretische Untersuchung wurde eine mehrfach unterbrochene Druckform zugrunde gelegt (Bild 9).

Dazu sei bemerkt, daß nicht das Schichtdickenprofil auf dem Bedruckstoff, sondern der Einfachheit halber der Verlauf der optischen Dichte gemessen wurde. Zur ersten Abschätzung der Gültigkeit der theoretischen Ergebnisse genügt es vollauf, den gerechneten Schichtdickenverlauf mit dem gemessenen

Dichteverlauf zu vergleichen. Der Vergleich ist am anschaulichsten, wenn man das rechnerisch gewonnene Schichtdickenrelief und den Verlauf der optischen Dichte direkt neben den bedruckten Bogen legt. Die Ergebnisse der Walzenkombination 2.4.5.10 sind in Bild 10 dargestellt.

Der in diesem Bild dargestellte Verlauf der rechnerisch ermittelten Schichtdicke sowie der experimentell gewonnenen optischen Dichte zeigen einen prinzipiell übereinstimmenden Verlauf. Die Maxima befinden sich an der gleichen Stelle. Ebenso zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit dem bedruckten Bogen. Wollte man nun in einem weiteren Schritt einen Qualitätsvergleich verschiedener Walzenkombinationen vornehmen, so wäre es zweckmäßig, die vorhin angeführten Kennziffern zu bilden.

5. Zusammenfassung

Für die theoretische Untersuchung von Walzenfarbwerken wurde ein spezielles theoretisches Modell entwickelt. Dieses Modell stellt eine digitale Simulation des Farbtransportes im Farbwerk dar und beinhaltet auch die Übertragung auf den Bedruckstoff. Vergleiche mit den Ergebnissen von praktischen Druckversuchen mittels einer Modellmaschine haben eine gute Übereinstimmung gezeigt. Das theoretische Modell ermöglicht die Vorausberechnung von Walzenfarbwerken.

Literatur:

- 1 Walker, W. C./Fetsko, J. M.: „A concept of ink transfer in printing“. American Ink Maker, 33 (1955) 12
- 2 Albrecht, J./Schirmer, K. K.: „Über die meßtechnische Druckgütebeurteilung schwarzer Illustrationsbuchdruckfarben“. FOGRA Institutsmittteilung 1/1, München (1955)
- 3 Wulfsch, F./Schubert, K.: „Untersuchung verschiedener Papiersorten mit dem FOGRA-Bedruckbarkeitsgerät“. Das Papier, 13 (1959)
- 4 Rupp, E./Rieche, K.: „Beiträge zur Bedruckbarkeit von Papier und Folien“. Institut für grafische Technik, Leipzig (1959)
- 5 Rupp, E./Rieche, K.: „Die Farbübertragung im Ein- und Mehrfarben-Hochdruck“. Institut für grafische Technik, Leipzig (1963)
- 6 Morosow, M. G.: „Die Farbwerke, Konstruktion und Berechnung polygraphischer Maschinen, Bd. 3, Tiegel- und Flachdruckmaschinen“, Moskau und Leningrad (1949)
- 7 Ruder, R.: „Untersuchungen zur Farbverteilung in Farbwerken von Rotationsmaschinen des Hoch- und Flachdruckes“. Dissertation T. H. Karl-Marx-Stadt (1965)
- 8 Bradford, J. R.: „Lithographic Press Ink Distribution Studies by Radiotracer Techniques“. TAGA Proceedings (1954)
- 9 Wirz, B.: „Beiträge zum Problem der Auslegung von Farbwerken an Rotationsmaschinen des Hoch- und Flachdruckes“. Dissertation T. H. Darmstadt (1963)
- 10 Scheuter, R. K./Rech, H.: „Die Farbübertragung im Probedruckgerät und in der laufenden Druckmaschine“. Archiv für Drucktechnik, Heft 7, (1967)
- 11 Arnold, W.: „Einfärbequalität“ von Farbwerken an Druckmaschinen“. IPM-Mitteilungen, Leipzig, Heft 1, (1968)
- 12 Krippner, N.: „Forschung im Druckmaschinenbau“. Druckwelt 6 (1969)